

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-266212

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 15/72	4 5 0 A	9192-5L		
15/60	4 0 0 A	7922-5L		

審査請求 有 請求項の数9(全17頁)

(21)出願番号 特願平4-322883

(22)出願日 平成4年(1992)12月2日

(31)優先権主張番号 816687

(32)優先日 1992年1月2日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー
ズ・コーポレイションINTERNATIONAL BUSIN
ESS MACHINES CORPO
RATIONアメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72)発明者 ボール ポッレル

アメリカ合衆国10598、ニューヨーク州ビ
ークスキル、ワッチ ヒル ロード 253

(74)代理人 弁理士 頓宮 孝一 (外4名)

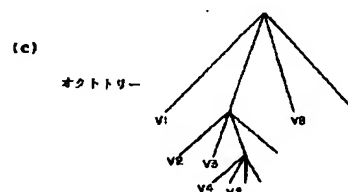
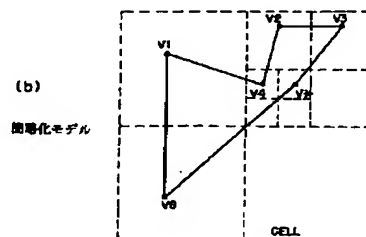
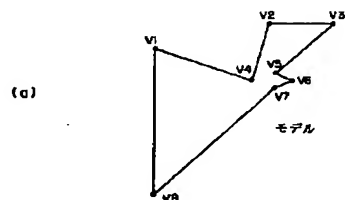
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 データプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法及びグラフィックスディスプレイ装置

(57)【要約】

【目的】 視覚情報を損失することなく表示されたオブジェクトの多くの細部を除去することによって表示用のオブジェクトを簡略化する。

【構成】 オブジェクトの第1のモデルに第1の複数のグリッドセルを重畳し、第1のモデルの1より多くの頂点を含む第1の複数のグリッドセルの任意の一つに対してこれら頂点を第1の代表頂点に結合し、第1の代表頂点又は複数の第1の代表頂点を有する第1の簡略化モデルを生成し、さらに次に使用するための第1の簡略化モデルを格納する。このように第1のモデルを処理することによって、オブジェクトの簡略化モデルが作成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスプレイ手段上にディスプレイ用のオブジェクトを作成するためにデータプロセッサによる実行のための方法であって、オブジェクトの簡略化モデルを作成するためにオブジェクトの第1のモデルを処理する工程を有するとともに、この処理工程は、

第1のモデルに第1の複数のグリッドセルを重畳する工程と、

第1のモデルの1より多くの頂点を含む第1の複数のグリッドセルの任意の一つに対して、これら頂点を第1の代表頂点に結合する工程と、

1個以上の第1の代表頂点を有する第1の簡略化モデルを生成する工程と、

次の使用のための第1の簡略化モデルを格納する工程と、

を有するデータプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法。

【請求項2】 第2の簡略化モデルを作成するために第1のモデルを処理する工程をさらに有するとともに、この処理工程は、

第1のモデルに第2の複数のグリッドセルを重畳する工程であって、第2の複数のグリッドセルは第1の複数のグリッドセルよりも大きく、

第1のモデルの1より多くの頂点を含む第2の複数のグリッドセルの任意の一つに対して、これら頂点を第2の代表頂点に結合する工程と、

1個以上の第2の代表頂点を有する第2の簡略化モデルを生成する工程と、

次の使用のための第2の簡略化モデルを格納する工程と、

を有する請求項1に記載のデータプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法。

【請求項3】 第2の簡略化モデルを作成するために第1の簡略化モデルを処理する工程をさらに有するとともに、この処理工程は、

第1の簡略化モデルに第2の複数のグリッドセルを重畳する工程であって、第2の複数のグリッドセルは第1の複数のグリッドセルよりも大きく、

第1の簡略化モデルの1より多くの頂点を含む第2の複数のグリッドセルの任意の一つに対して、これら頂点を第2の代表頂点に結合する工程と、

1個以上の第2の代表頂点を有する第2の簡略化モデルを生成する工程と、

次の使用のための第2の簡略化モデルを格納する工程と、

を有する請求項1に記載のデータプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法。

【請求項4】 前記結合工程は、グリッドセルの中心を代表頂点の位置として選択する工程と、グリッドセル内

の頂点の所定の一つの位置を代表頂点の位置として選択する工程と、グリッドセル内の局所的端点を代表頂点として表現する頂点の位置を選択する工程と、の内の一つを有する請求項1に記載のデータプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法。

【請求項5】 前記結合工程は、グリッドセル内の頂点の平均位置を決定する工程、ならびに、その平均位置を代表頂点の位置として選択する工程及びその平均位置に最も近接する頂点の位置を代表頂点の位置として選択する工程の内の一つを有する請求項1に記載のデータプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法。

【請求項6】 データプロセッサによってディスプレイ手段上にディスプレイ用のオブジェクトの作成を実行する方法であって、

オブジェクトの第1のモデルを作成するためにオブジェクトの面を三角形分割化する工程と、

第1のモデルに第1の複数の三次元グリッドセルを重畳する工程と、

第1のモデルの1より多くの頂点を含む第1の複数の三次元グリッドセルの任意の一つに対して、これら頂点を結合基準に従って第1の代表頂点に結合する工程と、

1個以上の第1の代表頂点を有する第1の簡略化モデルを生成する工程と、

次の使用のために第1のモデルを格納する工程と、

次の使用のために第1の簡略化モデルを格納する工程と、

を有するデータプロセッサによってオブジェクトの作成を実行する方法。

【請求項7】 少なくとも一つのオブジェクトを表示するためのグラフィックスディスプレイ装置であって、オブジェクトのモデルを格納し且つそのオブジェクトの少なくとも一つの簡略化モデルを格納するためのメモリ手段であって、前記モデルは第1の複数の頂点を有し、前記少なくとも一つの簡略化モデルは第1の複数の頂点よりも少ない第2の複数の頂点を有するメモリ手段と、装置のユーザからのコマンドに応答して、表示されたオブジェクトの運動が発生することを表示するための手段と、

前記表示手段に結合され且つ応答して、オブジェクトのモデル又はオブジェクトの少なくとも一つの簡略化モデルの1個の何れかをディスプレイ用に選択するようにメモリ手段にアクセスするための処理手段と、を有するグラフィックスディスプレイ装置。

【請求項8】 前記処理手段が前記少なくとも一つの簡略化モデルを作成するようにオブジェクトのモデルを処理するための手段を有するとともに、前記処理手段は、モデルに複数のセルを重畳するための手段と、

モデルの1より多くの頂点を含む複数のセルの一つに回答して、セル内のこれら頂点を代表頂点に結合するための手段と、

代表頂点を有するように前記少なくとも一つの簡略化モデルを生成するための手段と、
を有する請求項7に記載のグラフィックスディスプレイ装置。

【請求項9】 表示スクリーン手段上にオブジェクトの投影の大きさに関連する限界値を格納するための手段をさらに含むとともに、前記処理手段はオブジェクトの投影の所定サイズと前記格納された限界値とに応答して、ディスプレイ用の前記モデルの一つを選択するものである請求項7に記載のグラフィックスディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は概してソリッドモデリングに係り、詳細には複数レベルの解像度（分解能）においてオブジェクトを表示するための方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】大形エンジニアリングモデル、医用画像、又はマルチメディア適用のコンピュータ生成シーンの図形表現は一般に、多数のファセット、即ち表面テッセレーション（基盤目状小片）の要素、を含む。リアルタイムにおけるかかる複雑なモデルを表現するために必要な計算処理能力は現在では、並列データ処理機構を越えている。しかしながら、可視状態のリアルタイム対話形操作はオブジェクトの幾何学的構造及び相対的位置を理解するための重要な手がかりを提供する。一般に、これら視覚的手がかりを静止画像のシーケンスから得ることはできない。さらに、例えば、エンジニアリングアセンブリモデルを通してのウォークスルーを実行し、又は医用データを視覚的に検査するための対話形観点の操作は、リアルタイムフィードバック（帰還）及び滑らかなオブジェクト運動を必要とする。

【0003】必要な性能を得るために、モデルの代替表現を用いることが知られており、これは計算上、ディスプレイするのに費用が掛からない。例えば、多くのコンピュータ支援設計（CAD）及びアニメーションシステムでは、ワイヤーフレーム又はオブジェクトの周囲に配置されるボックスがリアルタイム処理の際に利用される。しかしながら、これらの簡略化図形代用モデルは数千の表示ラインを有する画像を生成することが多い。この数のラインを、特にクラスタ化視覚環境において解釈することは困難である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このように本発明の目的は、視点（視者）に対する表示用に1つ以上の簡略化オブジェクトモデルを用いた方法及び装置を提供することであり、この簡略化モデルは要求しだいで格納且つアクセスされる。

【0005】本発明の他の目的は、三角形に分けられたオブジェクトモデルを簡略化するとともに、モデルの頂

点に作用する方法を提供することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記及びその他の問題の克服ならびに本発明の目的の達成は、シーン（情景）内の小さな細部を除去し、対話処理中に主要特徴のみを表示することによって作動する方法及びこの方法を実施するための装置によって実現される。同方法は、オブジェクト又はオブジェクトのどのような特徴を表示すべきかを決定するためにオブジェクトの周囲に配置される境界ボックスを利用する。本件発明者らは、視覚情報を損失することなく表示されたオブジェクトの多くの細部を除去することが可能であると決定している。

【0007】同方法は、簡略化の所望レベルの各々に対して一つずつの複数の図形モデルを構成する。また、特定のオブジェクトが表示空間において移動すると、表示スクリーンでのオブジェクトの投影のサイズが決定され、同方法は異なる簡略化因子を有するオブジェクトの図形モデルに連続的にスイッチする（切り替わる）。この結果、リアルタイム性能における必然的な向上とともに画像細部が抑制されることになる。

【0008】より詳細には、データプロセッサによるディスプレイ用のオブジェクトの作成の実行方法が示される。この方法は、オブジェクトの簡略化モデルを作成するようにオブジェクトの第1のモデルを処理する工程を有し、この処理工程は以下の工程（a）乃至（d）を有する：（a）第1のモデル上に第1の複数のグリッドセルを重畳する工程、（b）第1のモデルの1つ以上の頂点を含む第1の複数のグリッドセルの任意の一つに対し、これら頂点を第1の代表頂点に結合する工程、

（c）第1の代表頂点又は複数の第1の代表頂点を有する第1の簡略化モデルを生成する工程、（d）次の使用のための第1の簡略化モデルを格納する工程。

【0009】一実施例において、同方法は、以下の工程（e）乃至（h）によって第2の簡略化モデルを作成するために第1のモデルを処理する工程を有する：（e）第1のモデルに第2の複数のグリッドセルを重畳する工程であって、第2の複数のグリッドセルは第1の複数のグリッドセルよりも大きく、（f）第1のモデルの1つ以上の頂点を含む第2の複数のグリッドセルの任意の一つに対し、これら頂点を第2の代表頂点に結合する工程、（g）第2の代表頂点又は複数の第2の代表頂点を有する第2の簡略化モデルを生成する工程、（h）次の使用のために第2の簡略化モデルを格納する工程。

【0010】他の実施例において、同方法は、以下の工程（e'）乃至（h'）によって第2の簡略化モデルを作成するために第1のモデルを処理する工程を有する：

（e'）第1の簡略化モデルに第2の複数のグリッドセルを重ねる工程であって、第2の複数のグリッドセルは第1の複数のグリッドセルよりも大きく、（f'）第1の簡略化モデルの1つ以上の頂点を含む第2の複数のグ

リッドセルの任意の一つに対し、これら頂点を第2の代表頂点に結合する工程、(g') 第2の代表頂点又は複数の第2の代表頂点を有する第2の簡略化モデルを生成する工程、(h') 次の使用のために第2の簡略化モデルを格納する工程。

【0011】同方法は、グリッドセル内で頂点を結合する工程による使用のための多数の基準を包含する。これらの基準は、以下(a)乃至(e)を有する：(a) グリッドセルの中心を代表頂点の位置として選択すること、(b) グリッドセル内の頂点の所定の一つの位置を代表頂点の位置として選択すること、(c) 複数の頂点の平均位置を代表頂点の位置として選択すること、

(d) 平均位置に最も近接する頂点の位置を代表頂点の位置として選択すること、(e) グリッドセル内の局所的端点を表示する頂点の位置を代表頂点の位置として選択すること。

【0012】処理工程は、オブジェクトの面を三角形に分割する初期工程を有し、第1の簡略化モデルを生成する工程は、結合工程の実行の結果として生じる縮退及び重複三角形を検出し且つ除去する工程を有する。

【0013】オブジェクトを表示する際に、同方法はさらに、第1のモデル又は表示用の簡略化モデルを選択する工程を有する。一実施例において、モデルを選択する工程は、表示スクリーン上へのオブジェクトの境界ボックスの投影の大きさを決定する工程を有し、モデルの選択工程は、投影の少なくとも確定サイズの関数として第1のモデル又は簡略化モデルの何れか一方を選択する。

【0014】ディスプレイ上のオブジェクトの必要な運動に応答して、モデルの選択工程は、第1のモデルを表示するのに必要な時間が表示手段上のオブジェクトのリアルタイム運動を付与することと矛盾していないと第1のモデルを選択し、他の場合では選択工程は簡略化モデルを選択し、その表示はリアルタイム運動とは矛盾しない。

【0015】

【実施例】一例としてのラスタグラフィックスシステム10は、図1に示されるように主(ホスト)プロセッサ12とグラフィックスサブシステム14を有する。ホストプロセッサ12はアプリケーションプログラムを実行し、グラフィックスサブシステム14に対しグラフィックスタスクをディスパッチ(タスク指名)する。

【0016】グラフィックスサブシステム14は、ラスタ表示装置16上でのディスプレイ用の幾何学的エンティティ(構成要素)を作成するのに必要な動作を実行する数個の構成要素を有する。本発明を説明するために、以下の機能ユニットを含むグラフィックスサブシステム14のモデルが用いられる。この特定のモデルが本発明の実施上、限定的意味において解釈されるべきものでないことを認識すべきである。

【0017】形状処理装置18は、スクリーン(窓)境

界に対するクリッピングに加えて形状及び透視変換を実行する。結果として生じるグラフィックスプリミティブ(表示基本要素)、即ち、頂点、ライン、三角形などはスクリーン空間座標上で描画される。

【0018】スキャンコンバージョン(ラスタ化)装置20は、グラフィックスプリミティブをラスタ情報、即ち、グラフィックスプリミティブでカバーされる表示スクリーン画素の記述、に分解(ブレイクダウン)する。

【0019】グラフィックス緩衝(バッファ)装置22は、本発明の方法に従って画素を受信し、格納し、さらに処理する。

【0020】表示装置24はグラフィックス緩衝装置22から画素を受信し、これら画素を出力装置16、一般にはラスタースクリーン、に表示される情報に変換する。

【0021】本発明を実施する際の使用に適切な一例としてのグラフィックス処理システムについて述べてきたので、現在好ましいとされるオブジェクト簡略化の方法について説明する。

【0022】本発明を説明するために、目的を多面体として、即ちそれらの外接多角形によって描画することを仮定する。多角形はそれぞれ、順序付けられた頂点のリストとして表現される。曲面のあるモデルは、一般に図形目的に対しテッセレーション化され(即ち、平面多角形により近似され)、このために本発明の簡略化技術からの利益も得る。

【0023】前処理工程

処理工程によって、視覚化されるべきシーンにおける各オブジェクトごとに一つ以上のモデルが(簡略化因子を増やすことによって)構成される。前処理工程の第1のサブ工程は、図3に示されるようにモデル30の各面を三角形に分割することである。各三角形30aは相互に対応付けられる3個の頂点(V)を有する。三角形分割は種々の周知のアルゴリズムを用いて達成され、モデル内に新しい頂点を導入する必要はない。三角形分割の結果として、原型モデル30の各面は重なりをもたない三角形面30aの一つ以上の面に分解される。計算を軽減するために、三角形の頂点(V)は面に対する法線(図示せず)の回りに時計回り方向の回転に対応する順序において格納される。法線は面又は頂点に接続される。三角形分割は法線に影響するものではなく、またモデルによって表現された幾何学的オブジェクトを変更するものでもない。

【0024】前処理工程の第2のサブ工程は、本発明の簡略化方法を三角形分割化モデルにおいて少なくとも一度は実行することであり、これによって簡略化因子に対応する少なくとも一つの簡略化三角形分割化モデルを作成する。

【0025】一般に、2つの簡略化技術を利用すること

ができる。第1の技術は原型モデルを用いて各々の簡略化動作を実行する。第2の技術は増加する簡略化因子の順に簡略化を実行し、前の簡略化の結果を次の簡略化のための開始地点として用いる。

【0026】例えば、Aは原型モデルを示すものとし、Tは三角形分割化モデルを示すものとする。S(T、K)は、Tを簡略化因子Kによって簡略化することによって得られる簡略化三角形分割モデルである。簡略化因子に対し3つの値、例えばK1、K2及びK3、の選択が与えられると、3つの簡略化モデル(T1、T2及びT3)は以下のように引き出される。

【0027】 $T1 = S(T, K1)$ 、 $T2 = S(T, K2)$ 、 $T3 = S(T, K3)$

【0028】別の方法として、各簡略化ごとに先の簡略化によるモデルが使用され、以下のように示される。

【0029】 $T1 = 2(T, K1)$ 、 $T2 = S(T1, K2)$ 、 $T3 = S(T2, K3)$

【0030】第2のアプローチは、さらに簡単なモデルにおいて動作する利点を有し、このため概して高速となる。簡略化因子は、クラスタリングに使用される3次元領域の絶対サイズに関連する。

【0031】多くの簡略化レベルが望ましいとされる場合、また簡略化因子が幾何学的シーケンスを形成する場合、以下のようにオクトトリー(図4(c))を用いることによってさらに有効なアプローチを得ることができる。例えば、すべての頂点の座標の最小値及び最大値を用いることによってオブジェクトの周囲で計算される境界ボックスから開始すると、再帰的細分割を実行し所望の深さのオクトトリーを構成する。オクトトリーの各リーフは一つの頂点に対するポインタを有する。最大レベルが到達されるリーフは、そのリーフに対応するセル内にある頂点のクラスタの内の代表頂点を格納する。

【0032】図4(a)は二次元オブジェクト32を示し、図4(b)はオブジェクト32を簡略化するのに使用されるセルを示す。図4(c)は簡略化頂点、即ち、V5、V6及びV7、のクラスタを表わすオクトトリー構造を示している。いったんオクトトリーが構成されると、最下位の簡略化レベルの頂点を提供する。それより高位の簡略化レベルのすべては、オクトトリーの各中間ノードごとに代表頂点を計算することによって得られる。これは、オクトトリーの上昇形(ボトムアップ)横断において実行される。各ノードでは、クラスタとして子ノードの代表頂点を使用し、1個の代表頂点(V*)を決定する。その頂点はオクトトリーのノードで格納される。特定の簡略化レベルに対応する頂点を得るために、オクトトリーのそのレベルのオクトトリーリーフの頂点を考慮に入れさえすればよい。

【0033】クラスタリング

クラスタリングは頂点をグループ化する処理である。グループ化は幾何学的近接に基づいて実行されるのが好ましい。最も簡単なグループ化検査は、オブジェクトを囲むボックスを互いに素の三次元セルの集合に区分し、また1個のセル内にあるすべての頂点がクラスタであることを宣言することである。規則的に離間配置されたセルでは、頂点の座標が与えられるという点で、頂点が属しているセルを頂点座標をラウンドオフする(丸める)ことによって得るように実行することは比較的簡単である。このラウンドオフ演算についての適切な一公式は以下の通りである。I、J、Kは三次元におけるセルアドレスを表わすものとする。X0とX1は、境界ボックスの下位及び高位のX座標を表わすものとする。Y及びZ座標については同様な表示法が使用される。X、Y及びZは頂点座標を表し、Kは簡略因子、またDX、DY、DZはセルの寸法を表わす。

【0034】 $DX = (X0 - X1) / K$ により、 $I = INT((X - X0) / DX)$

ここで、INTは引き数をラウンドオフする整数である。

【0035】非正則グリッドもまた同様に、上記公式を適用する前に透視変換を介して頂点座標を変換することによって使用することができる。

【0036】クラスタを表示する頂点の選択は、クラスタに1つ以上の頂点があればいつでも発生する。以下のものを含む種々の選択基準を利用することができる。

【0037】グリッドの中心(図5(a))

少なくとも2つの頂点を有する各セルごとに、代表頂点の位置としてグリッドの中心位置を選ぶ。このアプローチはオブジェクトの頂点を正則グリッドにマッピングすることに相当する。図5(a)では、グリッドセルは3つの頂点V1、V2及びV3を含む。代表頂点(Vr)はグリッドセルの幾何学的中心に位置付けられる。

【0038】第1の頂点(図5(b))

セル内の頂点の内の所定の1つ、例えば第1の頂点(V1)、の位置はクラスタの代表頂点(Vr)とされる。このアプローチはオブジェクトの一般的形状の幾つかを保存する利点を有するが、一方ではまた、一つの簡略化レベルと次のレベルとの変化を強調する傾向がある。

【0039】平均値(図5(c))

クラスタの頂点の平均位置を用いて代表頂点(Vr)を位置付けする。このアプローチは2つの連続する簡略化レベル間の差を最小化する傾向があるが、一方、凸オブジェクトと穴を収縮させる傾向もある。例えば、長いテッセレーション化シリンダはシリンダの中心の長手方向軸にほぼ一致したラインに対し収縮する。視覚副作用は、オブジェクトが1つの簡略化レベルから次のレベルまでわずかに収縮する傾向があることである。

【0040】メジアン(中位数)(図5(d))

このアプローチは各クラスタごとに頂点すべての平均値

に最も近接している頂点を選択する。図示の例について、 V_1 は図5 (c) で示されたように平均頂点位置に最も近接して位置する。その結果、 V_1 の位置は V_2 の位置であるように選ばれる。このアプローチが計算上、平均値を計算するよりも費用が多く掛かるのは、それを実行するために頂点のリストを二度通過することが必要とされるからである。しかしながら、オブジェクトは収縮するようには見えず、視覚外観上の簡略化影響は最小化される。

【0041】局所的端点 (図5 (e))

オブジェクトが簡略化の際に収縮するのを防止するために、図5 (e) の局所的端点技術を用いることが望ましい。これらの地点はオブジェクトのシルエット上に位置する可能性が最も高い。従って、これらの地点を代表頂点として使用することによって、2つの連続する簡略化レベル間のオブジェクトの外観に最小の視覚衝撃がある。かかる地点を選択するための一つのヒューリスティック法は、接線エッジ間の最大角度が最も小さいとされる頂点を考慮することである。かかる測定を有効に決定するには、モデルに格納される頂点-エッジ隣接情報、もしくは頂点又は三角形の全体の集合を介してサーチを要求することなくこの情報を提供するデータ構造の使用が必要とされる。図示の例について、頂点 V_2 は局所端点であるように選ばれ、その結果、 V_2 は V_2 の座標位置に配置される。

【0042】ディスプレイ用の複数のオブジェクトを作成する場合、作成中の特定のオブジェクトの形状に応じて1つ以上の上記の選択基準を用いることもできる。例えば、一つのオブジェクトに対して平均化が用いられ、一方、他のオブジェクトに対してはセンタリングが用いられる。

【0043】簡略化

すべてのクラスタの代表頂点がいったん決定されると、原型モデルの三角形は縮退したものか、又は重複しているかがわかる。簡略化モデルでは最初の頂点発生によって定義される三角形と、これらの頂点のクラスタの代表によって境界付けられる三角形と、がある。

【0044】例えば、 $C(V_1)$ が、頂点 V_1 が加わるクラスタの代表である場合、原型モデルの三角形 (V_1 、 V_2 、 V_3) は三角形 ($C(V_1)$ 、 $C(V_2)$ 、 $C(V_3)$) を作成する。この新しい三角形は、その新しい頂点がすべて明確でないと縮退される。3つの新しい頂点のすべてが同じ座標に等しい (同じセル内にある) 場合、三角形は1個の地点に縮退する。これら頂点の内の2つが等しい (同じセル内にある) と、三角形はエッジに縮退する。重複三角形、エッジ及び点は性能を高めるために除去されることが好ましい。望ましいとされる技術によって、各三角形及び各エッジの頂点が辞書式順序に分類される。即ち、インデックスは各クラスタに割り当てられ、点 (頂点) は割り当て済みインデック

スを用いて分類される。さらに、点、エッジ及び三角形のエントリ (入力) は、容易にサーチされるデータ構造内に格納される。分類後のトリー構造が最適な性能を提供することがわかっている、アレイ又は連結リストを分類済みエントリを格納するために使用することもできる。

【0045】連結リストの一例として、図13 (a) 及び図13 (b) が参照される。図13 (a) は、頂点リスト、エッジリスト及び三角形リストの間の関係を図式表示し、一方、図13 (b) は図13 (a) のリストに対応するモデルの一部を示す。

【0046】典型的な連結リストには、(a) 頂点のクラスタインデックスによって識別されるすべての頂点に対する一つの分類済みリスト、(b) 同じ頂点から始まるすべてのエッジに対する一つの分類済みリスト、

(c) エッジリストのエントリで始まるすべての三角形に対する一つの分類済みリスト、が含まれる。

【0047】すべてのエッジに対する分類済みリストの一例として、エッジ $\{V_1, V_2\}$ 、 $\{V_2, V_3\}$ 、 $\{V_3, V_1\}$ が存在し、指標 $(V_1) < \text{指標}(V_2) < \text{指標}(V_3)$ である場合、次の二つのリストがある：
 $V_1 \rightarrow V_2 \rightarrow V_3$ (エッジ $\{V_1, V_2\}$ と $\{V_3, V_1\}$ を説明する)

$V_2 \rightarrow V_3$ (エッジ $\{V_2, V_3\}$ を説明する)。

【0048】図13 (a) に示されたリストは図13

(b) に示されるように、2つの三角形 $\{V_1, V_2, V_3\}$ と $\{V_1, V_2, V_4\}$ 、1つの孤立エッジ $\{V_1, V_5\}$ 及び1つの孤立頂点 $\{V_6\}$ に対応する。リスト中に (*) の印があるエントリは、簡略化の後に結果として生じる頂点、面及びエッジを収集する場合には使用されない。即ち、これらのエントリは簡略化処理を容易にするためにのみ利用される。例えば、エッジ $\{V_2, V_3\}$ を保持する必要がないのは、これが既に三角形 $\{V_1, V_2, V_3\}$ の一部であるからである。

【0049】図6 (a) には、三次元グリッド36aを上位置付けさせたオブジェクトモデル34が示される。グリッド36aは第1の解像度を有し、それによって1つの頂点のみが所定のグリッドセル内に現れることになる。その結果、どのクラスタリング方法が用いられるにしても、結果として生じるオブジェクトモデル34a (図6 (b) 参照) は原型モデル34を複写する。

【0050】図7 (a) には、第2の三次元グリッド36bをその上に位置付けし、そのグリッド36bがグリッド36aの半分の解像度を有しているオブジェクトモデル34が示される。その結果、星印 (*) で示されたグリッドセルでは、頂点が一つより多く見られる。これらのグリッドセルに対し、平均化などの上述したクラスタリング方法の一つを適用することによって、図7

(b) の簡略化モデル34bになる。簡略化モデル34

bの一部がその下側部分に示されるように、エッジに変形されることがわかる。このようなエッジが簡略化処理を免れる場合、それはラインセグメントとして維持され且つ表示される。エッジを維持することの重要性の一例は、図14(a)及び図14(b)に示され、図14

(a)は三角形分割化による原型モデルを示し、図14(b)は2つのエッジから成る簡略化モデルを示す。原型モデルの隣接頂点のすべてが共通グリッドセル内にあるという点で、結果として生じるエッジが保存されなかった場合、簡略化技術によって簡略化モデルが除去されることになる。

【0051】図8(a)は、第3の三次元グリッド36cをその上に位置され、そのグリッド36cがグリッド36bの半分の解像度を有しているオブジェクトモデル34を示す。その結果、星印(*)で示されたグリッドセルでは、1つより多くの頂点が見られる。これらのグリッドセルに対し、平均化などの上述したクラスタリング方法の一つを適用することによって図8(b)の簡略化モデル34cになる。

【0052】すぐ上において述べられた説明は、上記の第1の簡略化技術に従って決定され、ここでは原型オブジェクトモデルが増大マグニチュードの簡略化因子と共に用いられる。第2の技術が代用されることになると、簡略化モデル34bは図8(a)のグリッド36cとともに用いられる。

【0053】オブジェクトモデル34について複数の簡略化モデル(34bと34c)を決定すると、オブジェクトモデル34とその簡略化バージョンは図形モデルのデータベース内に格納される。図2には、図1のCPU12に結合されるメモリ12aが示される。メモリ12aは複数のオブジェクトモデル(MODEL1-MODELi)を格納し、本発明に従ってオブジェクトモデルの各々に対し1つ以上の簡略化モデル(S₁、S₂等)をさらに格納する。図2についての説明はさらに後述される。

【0054】簡略化因子

これまで述べてきたように、各オブジェクトごとに同方法によると、異なる解像度における多数の簡略化モデルが予め設定される。これらの簡略化モデルは、原型オブジェクトとともに格納される。視覚化の際に、同方法では、可視状態及び可視スクリーン上のオブジェクトの投影の大きさによって、各オブジェクトごとにどのモデル(簡略化又はそうでないもの)を使用するかを定義する一つの簡略化レベルを動的に選択するように作動する。

【0055】図11には、Z軸に沿って異なる距離にそれぞれ配置されているオブジェクトモデルA、オブジェクトモデルB及びオブジェクトモデルCが示される。各モデルは可視スクリーン上への投影を有する。オブジェクトモデルの各々の境界ボックスもまた図示される。図示の実施例について、オブジェクトモデルBはオブジェ

クトモデルAよりもかなり大きいとは言っても、オブジェクトモデルAとBは互いにほぼ等しい投影を有する。オブジェクトモデルAとBはそれぞれ、可視スクリーンに対して近接しているために、可視スクリーン上には大きなオブジェクトCよりも大きな投影を有する。その結果、オブジェクトAは簡略化因子が0であるモデルによって表示され、即ち、原型モデルが表示されており、オブジェクトBは簡略化因子が2であるオブジェクトモデルによって表示され、オブジェクトCは簡略化因子が5(最低の解像度)であるオブジェクトモデルによって表示される。視点(視者)がZ軸に沿ってオブジェクトモデルBを前方に来るようにするためにディスプレイを操作することになると、オブジェクトBの境界ボックスの明確なサイズ及び可視スクリーンへの投影はさらに大きくなり、オブジェクトBは、0又は1の簡略化因子を有するオブジェクトモデルのような高解像度のオブジェクトモデルによって表示されることになる。

【0056】例えば、簡略化レベル0は原型の非簡略化オブジェクト(図6(a)、図6(b)に見られるような)を作成し、他の簡略化レベル(1乃至5)は複雑性が低いモデルに対応することが仮定される。モデルの複雑性が同じ簡略化レベルに対するすべてのオブジェクトにわたって一致するように解像度因子を選択することは望ましく、その結果、描画の際に原型の複雑性に関係なく各オブジェクトごとの適切な簡略化レベルを選択することは充分なことである。現在好ましいとされる基準では、複雑性の測度として多数のオブジェクト点が用いられる。一貫性を達成するための一技術は、モデル内の点の数の一定割合、即ち、多面体の頂点の数及び全体のスクリーンに対するモデルの相対的寸法、を維持することである。従って、モデルの複雑性に関する解像度の低下の影響を予測することが重要である。これについては後述される。さらに、各オブジェクトの最適な簡略化レベルを選択するための有効な技術について説明する。

【0057】解像度因子の選択

モデルの解像度を低下させることは、より大きなグリッドセルを定義することと、またこれによってそれより大きなセル内にあるこれらの頂点を1個の新しい頂点にクラスタ化すること、に相当する。

【0058】この解析を簡単にするために、オブジェクトモデルがN個のセルを定義する解像度Rを用いてレベル1に予め簡略化され、該モデルがV支持地点(多面体の頂点)を含んでいるものと仮定される。解像度2Rによるレベル2での簡略化の結果としての点の数を予測するための技術の説明が行なわれる。簡単にするために、実際には異なる解像度因子が各次元ごとに使用されることもあるが、三次元すべてにおいて同じ解像度因子が用いられる。

【0059】簡略化モデルでは、各セルは空であるか、又は一個の点で占有されているかの何れかであり、その

場合にはセルはフル（一杯）であると言われる。フル状態のモデル1内のセルの確率（ p ）は V/N である。モデル2のセルはモデル1の8個のセルを結合する。 P_0 が空状態のモデル2のセルの確率を示すものとする。 P_1 はモデル1の1つのフル状態のセルを厳密に含むモデル2のセルの確率を示すものとし、さらに P_2 まで続けると、モデル1の8個のフル状態のセルを含むモデル2のセルの確率を示すものとする。これらの確率は次のように定義される。

【0060】

【数1】

$$P_i = \binom{8}{i} p^i (1-p)^{8-i}$$

【0061】非簡略化モデルについて p は任意であるものとする。しかしながら、簡略化モデルについて p は0と1の間にあり、解像度が減少するとともに1に近づく。モデル2のセルが含むモデル1のフル状態のセルが2より少ない場合、そのセルに対する簡略化によって除去される点はなくなくなる。モデル2のセルがモデル1のフル状態のセルを厳密に二つ含む場合、1個の点は簡略化によって除去され、発生の確率は P_2 となる。モデル2のセルが厳密にはモデル1の3つのフル状態のセルを含む場合、2つの点が簡略化によって除去され、この発生の確率は P_3 となる。この推論を続けることによって、1個のセルの簡略化によって除去される点の数 E は次のように推定される。

【0062】 $E = 1P_2 + 2P_3 + \dots + 7P_7$

【0063】モデル2に残っている点の数 V' はこうして以下のように算定される。

$$V' = V - E(N/8)$$

上記解析は、外被ボックス内のオブジェクトの頂点のランダム分布に基づく。実際にこの分布は非常に不規則であり、このため簡略化は概して上記解析によって指示されるよりも多くの点を除去する。

【0064】図2を再度参照して、システム10は、キーボード16aなどのユーザ入力装置と、トラックボール又はマウス16bなどの位置決め（ポインティング）装置の内の少なくとも何れか一方を有する。使用中に、全体のシーンはユーザのコマンドに従って移動される。例えば、ユーザはキーボード16aのキーを起動させるか、又はマウス16bを移動させる。応答によって、CPU12はシーン内の各オブジェクトごとに使用されるべき簡略化モデルにアクセスすることができる。ユーザがシーン内のオブジェクトの運動を開始させると、システム10は簡略化モデルに対し自動的にスイッチする。運動が停止すると、システム10はフル解像度モードに戻る。これは、明示されたユーザ動作（キーを押すこと）によって、又は所定の時間間隔についてのユーザ介入がない（タイムアウト）と、トリガされることもある。このモードで使用されるべき簡略化レベルはユーザ

による選択が可能であり、またモデルの大きさの関数及び図形システム10の期待性能である。目標は、メモリ12aから最も詳細なモデルを選択し、一方、リアルタイム運動の実施をも可能にする。即ち、シェーディング（陰影表示）、反射、透視変換などの演算を含む原型モデルを表示するのに必要な時間がディスプレイ16上のオブジェクトのリアルタイム運動を提供することと矛盾しない場合、原型モデルが選択され、そうでない場合、簡略化モデルの一つが選択される。第1の簡略化モデルに存する細部がディスプレイ16上のオブジェクトのリアルタイム運動を提供することと矛盾する表示時間を要求する場合、第2の簡略化モデルが考慮されたりする。

【0065】上記のアプローチに対する別の方法として、同じ簡略化レベルが表示モデルのすべてに対して使用される場合、適応性のあるアプローチを使用することもできる。このアプローチについてシステム10は各オブジェクトごとに個別に適切な簡略化レベルを選択する。この選択は、各オブジェクトの周囲の外被ボックスを用いてスクリーン面の境界ボックスの投影のサイズを決定し（図11に示されるように）且つ投影のサイズを所定の限界値と比較することによって実行することもできる。このため、各モデルごとにスクリーン投影限界値（限界値 M_1 - 限界値 M_i ）が格納される別の記憶装置12bが提供される。CPU12はこれらの限界値にアクセスし、これらを特定のモデルに対して決定されたスクリーン投影サイズと比較する。この比較に基づいて適切なモデルがメモリ12aから選択される。スクリーン面の小さな形状に投影するオブジェクトは極端に簡略化されたモデルを用いて描画される。限界値は各モデルごとに異なるか、又はモデルの複雑性に応じて作表される。例えば、モデルが少数の面を有する場合、スクリーン上のモデルの投影が小さい時でさえ、簡略化モデルを用いる際には大きな利点はない。この投影処理過程において、スクリーン上に投影しなかったり又は表示画素のある所定の下側しきい値極限上に投影するモデルは検出されて表示されない。外被三次元ボックスはモデルの局所的座標系において計算され、さらに全体のサブアセンブリの除去を可能にするためにモデルの階層において伝播されることもある。

【0066】例えば、サブアセンブリの収集を表示するアセンブリ階層の各レベルとともにアセンブリとしての同一部品を表わすことは通常に実行されている。最下位レベルではサブアセンブリはソリッドにすぎない。上述したように、簡略化処理はソリッド（境界ボックス計算を含む）に適用される。しかしながら、これらの計算をアセンブリのレベルにおいて実行することもできる。即ち、アセンブリの境界ボックスはソリッドまでの再帰的方法によってそのサブアセンブリの境界ボックスを用いて決定される。表示すべきか否かの決定又は簡略化因子の選択はさらに、アセンブリの境界ボックスを用いて実

行することもできる。

【0067】本発明の簡略化技術はまた、例えば、医学応用において測定済みデータのフィルタとして使用することもできる。しかしながら、重要な機能をそれらの小型サイズに関係なく保存するための注意が必要である。

【0068】即ち、産業用部品の表示のために、項目を需要に応じて検索することが可能である限り、項目が除去される必要があることは通常受容できる実行法である。しかしながら、医用画像については小細部（簡略化によって除去されるのに充分小さい）が最大関心の特徴である場合もある。このように、本発明の教示はある種のデータのディスプレイに適用すると、サイズは簡略化の際に考慮される一つの基準にすぎないことが認識される。

【0069】図12は、本発明の方法の作用を示すフローチャートである。ブロックAでは、システム10は表示すべきシーンに現れるオブジェクトのデータベースをロード又は生成する。例えば、オブジェクトは機械部品及び部品のアセンブリのCADデータベースの要素であってもよい。これらオブジェクトは、多数の周知タイプの三角形分割化方法の一つを用いて三角形分割化される。その結果、各オブジェクトの表面は図3にあるようにテッセレーション化とされる。さらに、各オブジェクトごとに、またオブジェクトの各簡略化モデルごとに、システムは次の工程を実行する。ブロックCでは、選択サンプル化グリッドの解像度によるクラスタリングによって頂点がグループ化される。ブロックDでは、モデルは縮退及び重複三角形を検出し且つ除去することによって簡略化される。ブロックEでは、その簡略化モデルはその基本モデルと対応付けられてメモリ12aに格納される。簡略化モデルのすべてと、オブジェクトのすべてに対するブロックEの終了において、システム10はユーザとの対話形ディスプレイセッションを開始するための準備をする。

【0070】表示されたオブジェクトの位置を変えるための、もしくはその表示されたオブジェクトを回転させたり、そうでなければ処理するためのユーザからのコマンドに応答して（ブロックF）、システム10は適切なモデルを得るためにメモリ12aにアクセスする（ブロックG）。一例として、ユーザがオブジェクトを高速で回転するためのコマンドをシステムに対し発すると、最高位簡略化因子を有する簡略化モデルはメモリ12aからアクセスされる。この簡略化モデルは形状プロセッサ18に送られ、その形状プロセッサ18からグラフィックスサブシステム14の他の構成要素に送られて、回転中に簡略化モデルが表示されることになる。回転が終了すると、先に表示されたモデルは再びアクセスされて、ユーザに表示される。同様に、ユーザが背景内のオブジェクトを急速に拡大するためのコマンドをシステムに対し発し、そのオブジェクトが上位簡略化因子を有するモ

デルで表示されている場合、システム10は原型モデル又はその第1の簡略化モデルなどの下位簡略化因子を有するモデルにアクセスし、より詳細なモデルをユーザに対し表示する。既に述べてきたように、システム10が表示用の適切な簡略化モデルを表示スクリーン上へのモデルの境界ボックス投影のサイズの関数として、またモデルの複雑性（面の数）の関数などとして選択することは本発明の範囲に属するものである。

【0071】図15は、本発明の方法をより詳細に示すフローチャートである。原型オブジェクトは、例えば、CATIA数学的ブロックによって定義される。多数のデータテーブルは、本発明の方法によって維持され且つ用いられる。これらのデータテーブルは、種々のブロックに対応付けられるように図15に示され、さらに以下に定義される。

【0072】V： 元の頂点のx、y、z座標

N： 元の単位の法線ベクトルのx、y、z座標

P： オブジェクトの孤立点のVに対する一つの識別子

E： オブジェクトの孤立エッジのVに対する二つの識別子

F： 面法線のNに対する識別子、ループの数、オブジェクトの平坦面に対するループのリスト（各ループごとに、頂点の数、例えば、時計回り方向の順序でのループ頂点を定義するVに対する識別子のリスト）

T： オブジェクトの三角形面のVに対する3つの識別子

W： 各Vに接続される0と1間の重み

C： 各クラスタごとのVに対する識別子のリスト

R： 各Vに接続されるCに対する一つの識別子

SV： 簡略化オブジェクトの頂点のx、y、z座標

SN： 簡略化オブジェクトの単位法線ベクトルのx、y、z座標

SP： 簡略化オブジェクトの各孤立点ごとのSVに対する一つの識別子

SE： 簡略化オブジェクトの孤立エッジのSVに対する二つの識別子

ST： 簡略化オブジェクトの三角形面のSVに対する3つの識別子

【0073】種々のデータテーブルを定義すると、図15に示される個々のブロックが以下のように定義される。

【0074】グレード化（ブロックA）

このブロックでは、その図形的重要性に従って各頂点ごとの重みを決定する。重みの高い頂点ほど、簡略化の際に移動される機会は少ない。このブロックでは、元の頂点当たり一重みのあるWテーブルが生成される。最も単純な実施例では、全重みを相互に等しくなるように設定することもできる。

【0075】三角形分割化（ブロックB）

このブロックでは、各面を最初の頂点を用いる三角形に

分解し、三角形のTテーブルを生成する。

【0076】データをさらに簡単にするために幾つかの処理を簡略化データに適用することができる。これら処理過程は以下を含む。

【0077】クラスタリング (ブロックC)

このブロックでは、幾何学的近接性を用いて頂点をクラスタにグループ化し、最初の頂点からクラスタまで (Rテーブル)、またクラスタから最初の頂点まで (Cテーブル) 双方向ポインタを確立する。このブロックは、ボックス、マトリックス及び3つの解像度因子をパラメータとして選ぶ。

【0078】合成 (ブロックD)

このブロックでは、幾何学情報及び重みを用いて各クラスタごとの最適代表頂点 (V_i) を決定する。このブロックは、SVテーブル及び対応重みのWテーブルを生成し、Cテーブルポインタに続いてVテーブル内への直接アクセスを用いる。

【0079】除去 (ブロックE)

*

* このブロックでは、すべての縮退三角形とエッジを検出し、重複する点、エッジ及び三角形を除去する。さらに、エッジによって使用される点、又は三角形と三角形によって使用されるエッジもまた除去する。重複に対するサーチでは、内部の一時的データ構造が使用される。

【0080】法線演算 (調整) (ブロックF)

このブロックでは、シェーディング用の三角形に対し新しい法線を決定する。三角形がSNテーブルに対する識別子基準を有していないことに注意すべきである。しかしながら、二つのテーブルは並列構造として使用される。即ち、STテーブルのi番目のエントリはSNテーブルのi番目のエントリに対応する。このブロックでは、平坦又は平滑な法線のポリシーフラッグ及び制限角度をパラメータとして選ぶ。

【0081】下記のテーブル1のエントリは、簡略化モジュールによるデータテーブルへの読み出し (r) 及び書き込み (w) アクセスを表わす。

【0082】

テーブル1

モジュール	入力テーブル			一時的				出力テーブル					
	V	F	N	T	W	C	R	SV	SW	ST	SE	SP	SN
三角形分割	r	r	r	w									
グレード化	r	r	r		w								
クラスタ化	r				r	w	w						
合成	r				r	r		w	w				
除去				r			r			w	w	w	
調整								r	r				w

【0083】先の簡略化工程の結果として得られる出力データテーブル (SV、SW、ST、SE、SP) は、

※W、T、E、P) として使用することもできる。これは以下のテーブル2に示される。

さらに別の簡略化工程についての入力テーブル (V、

※30

【0084】

テーブル2

モジュール	入力テーブル					一時		出力テーブル					
	V	W	T	E	P	C	R	SV	SW	ST	SE	SP	SN
クラスタ化	r	r				w	w						
合成	r	r				r		w	w				
除去			r	r	r		r	r		w	w	w	
調整								r	r				w

【0085】V、W及びRにおけるエントリは同期化される (即ち、これらは同一数のエントリを有し、これらは所定のインデックスについて互に対応する)。T及びWにおけるエントリもまた同期化される。Tは、Fの三角形分割面の結果を含む。簡単にするために、最初のデータがソリッドの境界であることが仮定され、面を有するだけであるので、このためPとEは最初の簡略化に対しては使用されない。一方、予め簡略化されたオブジェクトを簡略化すると、最初のデータは三角形分割化がなされ、この場合、Fテーブルは存在せず、代わりにTテーブルから処理が開始する。しかしながら、さらにダングリングエッジと点を有する非三角形分割化モデルから開始する可能性もある。

【0086】種々の異なる簡略化技術を使用することもできる。最初の技術は局所的簡略化であり、ここでは局所座標内のミニマックスボックスと解像度因子を用いて各オブジェクトが簡略化される。セルの大きさがほぼ均一であることを保証するために整数が用いられる。第2の簡略化技術は、広域 (大域) 簡略化であり、ここではユーザによって対話的に位置付けられた固有の解像度因子を備えた共通ミニマックスボックスを用いて各オブジェクトが簡略化される。

【0087】どのモデルをグラフィックスに使用するかを選択するための一技術は以下の通りである。

(A) 広域座標系内の各ソリッドごとのミニマックスボックスを計算する。ソリッドを移動させるために、全体

運動の周囲にミニマックスボックスを計算する。オブジェクトとともに、(a) 中心、(b) 外被球体の半径を格納する。

(B) 全体のオブジェクトの周囲に三次元のミニマックスボックスを構成し、その三次元ミニマックスボックスを $K \times L \times M$ の略方形セルに均一に分割する。各オブジェクトごとに、また各内部ノードごとに $K \times L \times M$ ビットのストリングを格納する。

(C) 表示の際に、カメラの新しい位置が与えられると、どのセルがスクリーン上に投影するかを決定する。スクリーン上に投影するセルに対する 1 と、スクリーン上へ投影しないセルに対する 0 と、を備えたビットのストリングを構成する。次に各ノードにおいて、整合があるかどうかを確認するために 2 つのストリング間で AND 機能を実行する。次に、格納された中心と半径からスクリーン上へのオブジェクトの投影を含む円形の半径を計算し、そこからどの簡略化レベルを用いるべきかを決定する。

【0088】本発明の現在好ましいとされる実施例の背景において述べられてきたが、本発明の教示がこれらの好ましい実施例にのみ限定されると解釈されるものでないことを認識すべきである。例えば、図 9 には、正則直交グリッド 42 を上側に配置させたオブジェクトモデル 40 が示される。グリッド 42 は第 1 の解像度を有する。しかしながら、オブジェクトモデルの残部よりも高レベルの細部においてオブジェクトモデル 40 の一部を表示することが望ましいこともある。これは、さらに大きなディスプレイ細部を提供することが望ましいとされているオブジェクトモデル 40 の領域又は複数の領域上に第 2 のグリッド 44 を供給することによって適応される。理解されるように、第 2 のグリッド 44 はグリッド 42 よりもかなり微細な解像度を有する。この結果、クラスタリングの際に第 2 のグリッド 44 内にあるオブジェクトモデル 40 の一部にオブジェクト細部が保存されることになる。

【0089】非常に簡略化されたモデルを備えたシーンの周囲でオブジェクトを表示することもまた本発明の範囲内にあり、その場合、人間の網膜の外周領域に配置されるオブジェクトは、網膜の中心にあるオブジェクトである下位解像度で知覚される。

【0090】また、実質的に均一な線形寸法を有する二次元及び三次元グリッドセルの背景においてオブジェクトは説明されてきたが、グリッドセルが種々の形状であってもよいことは認識されるべきである。図 10 において示される一実施例では、オブジェクトモデル 46 に三次元の円形グリッド 48 が重畳されている。グリッド 48 は区分化された同心円の集合によって特徴付けられ、グリッドセルはグリッドの中心方向にいくほど解像度が大きくなる。図 5 (a) 乃至図 5 (e) に述べられたクラスタリング技術はまた、図 10 に示されたグリッドセ

ル形状に対する適用が可能である。

【0091】

【発明の効果】本発明は上記のように構成されているので、視覚情報を損失することなく表示されたオブジェクトの多くの細部を除去することによって、表示用のオブジェクトの簡略化を可能にするという効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】一例としてのラスタグラフィックスシステムのブロック図である。

10 【図 2】図 1 のラスタグラフィックスシステムのブロック図であり、オブジェクトモデルとその簡略化バージョンを格納するためのメモリを示す図である。

【図 3】三角形に分割された一例としてのオブジェクトを示す図である。

【図 4】(a) は頂点 $V1 - V8$ を有するモデルを示し、(b) は (a) のモデルの簡略化バージョンとそこに重ねられるグリッド構造を示し、さらに (c) は (b) の簡略化モデルの頂点を格納するための一例としてのオクトリーデータ構造を示す図である。

20 【図 5】(a) 乃至 (e) は頂点クラスタリング技術の異なる実施例をそれぞれ示した図である。

【図 6】(a) は第 1 の解像度を有するグリッドが重畳されるオブジェクトモデルを示し、(b) はその結果のオブジェクトモデルを示す図である。

【図 7】(a) は第 2 の解像度を有するグリッドが重畳される図 6 (a) のオブジェクトモデルを示し、(b) は (a) のグリッドセル内のクラスタリング頂点の結果として得られる簡略化オブジェクトモデルを示す図である。

30 【図 8】(a) は第 3 の解像度を有するグリッドが重畳される図 6 (a) のオブジェクトモデルを示し、(b) は (a) のグリッドセル内のクラスタリング頂点の結果として得られる簡略化オブジェクトモデルを示す図である。

【図 9】第 1 の解像度のセル及びより細密な解像度の一つのセルを有するグリッドの使用を示す図である。

【図 10】非直交グリッドの実施例の使用を示す図である。

40 【図 11】2 つのオブジェクトとそれらの合成された表示スクリーン上への投影のディスプレイを示す図である。

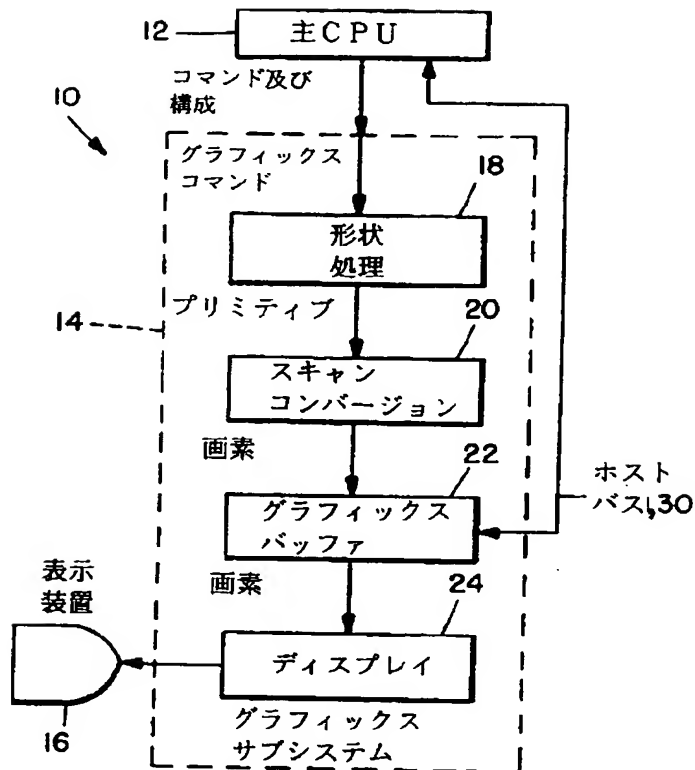
【図 12】本発明の方法の動作を示すフローチャートである。

【図 13】(a) は頂点リスト、エッジリスト及び三角形リスト間の関係を概略的に示し、(b) は (a) のリストに対応するモデルの一部を示す図である。

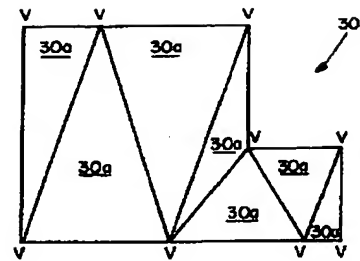
【図 14】(a) と (b) はそれぞれ、三角形に分割されたモデルとその簡略化バージョンを示す図である。

【図 15】本発明の方法を示すフローチャートである。

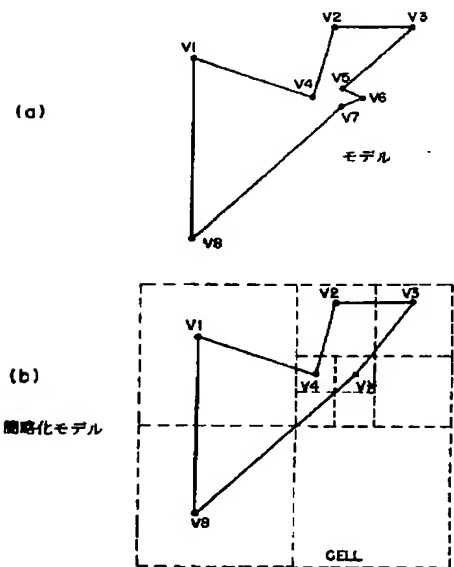
【図1】



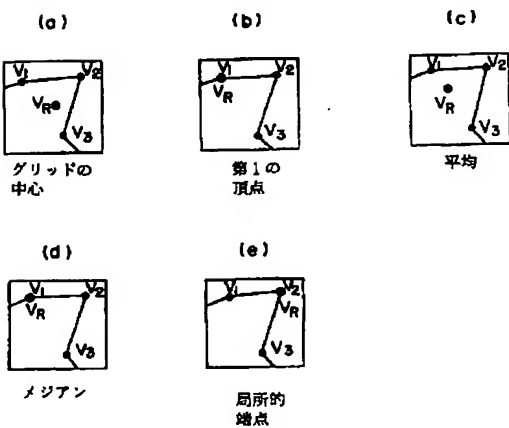
【図3】



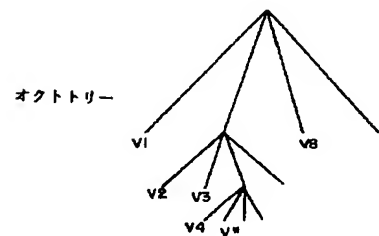
【図4】



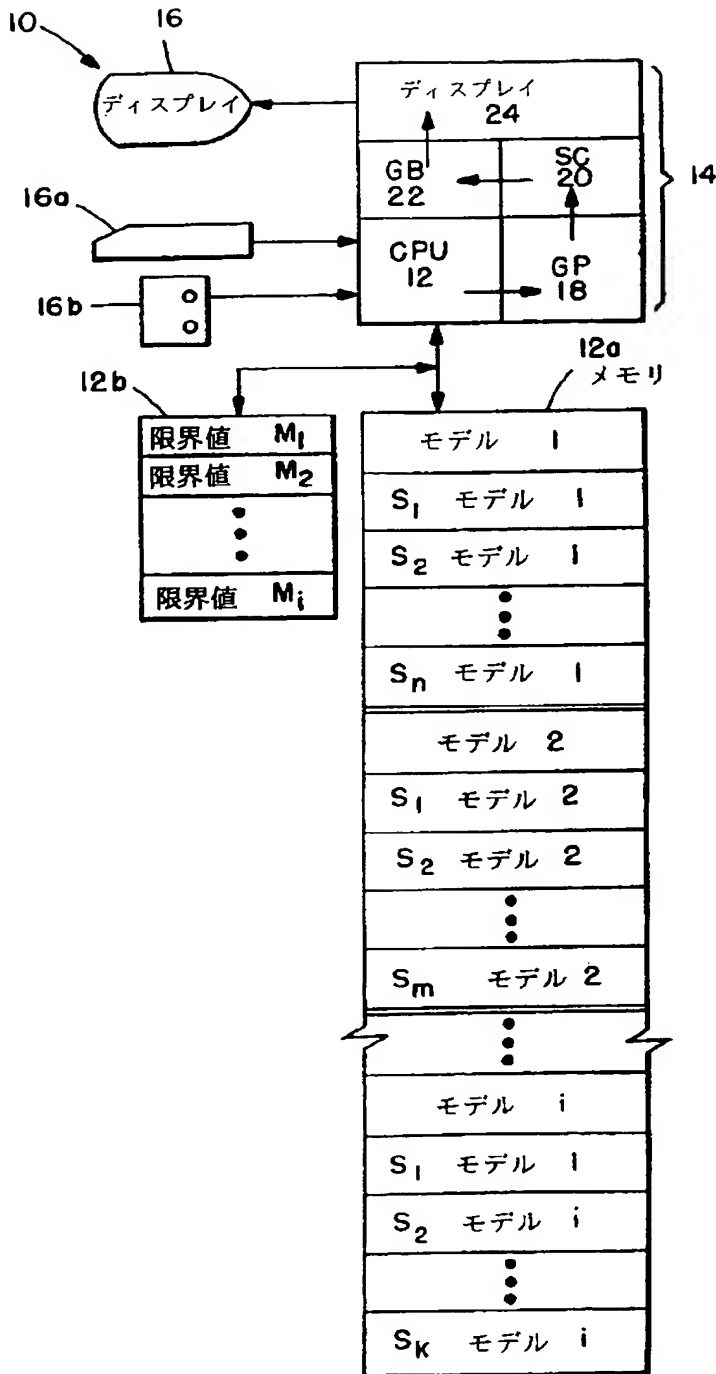
【図5】



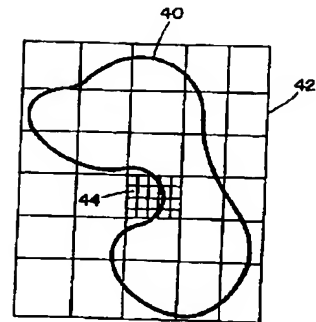
(c)



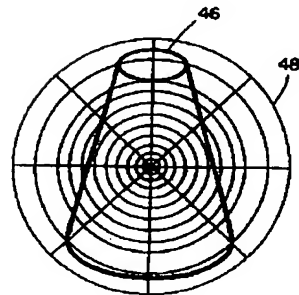
【図 2】



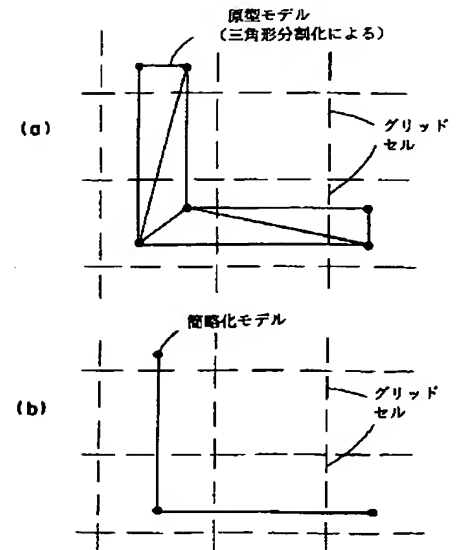
【図 9】



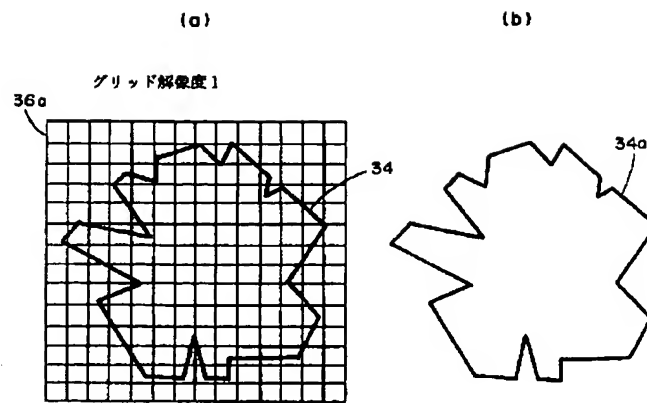
【図 10】



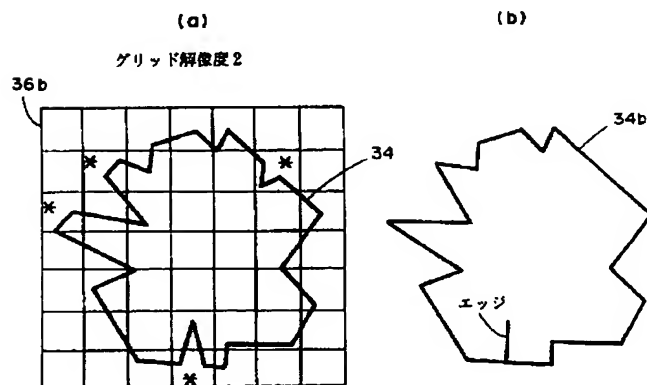
【図 14】



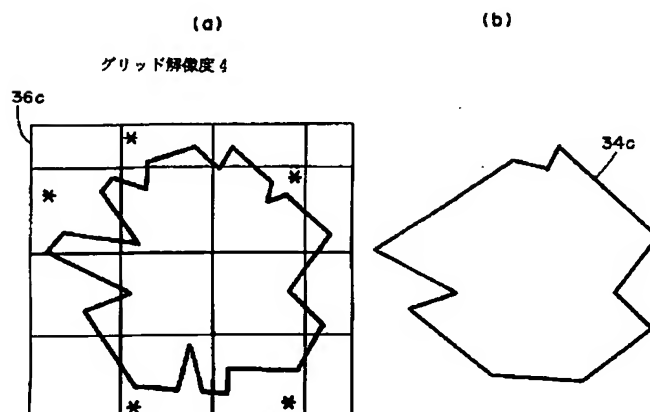
【図6】



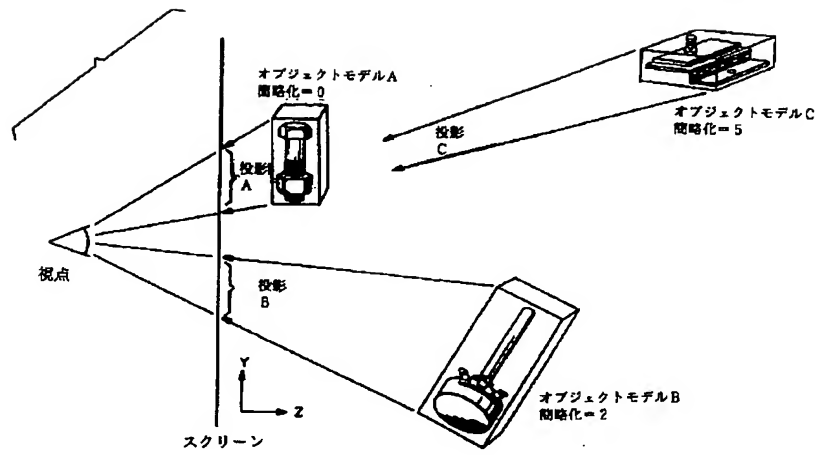
【図7】



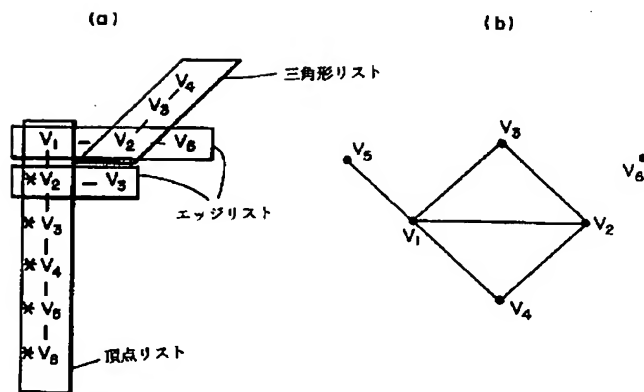
【図8】



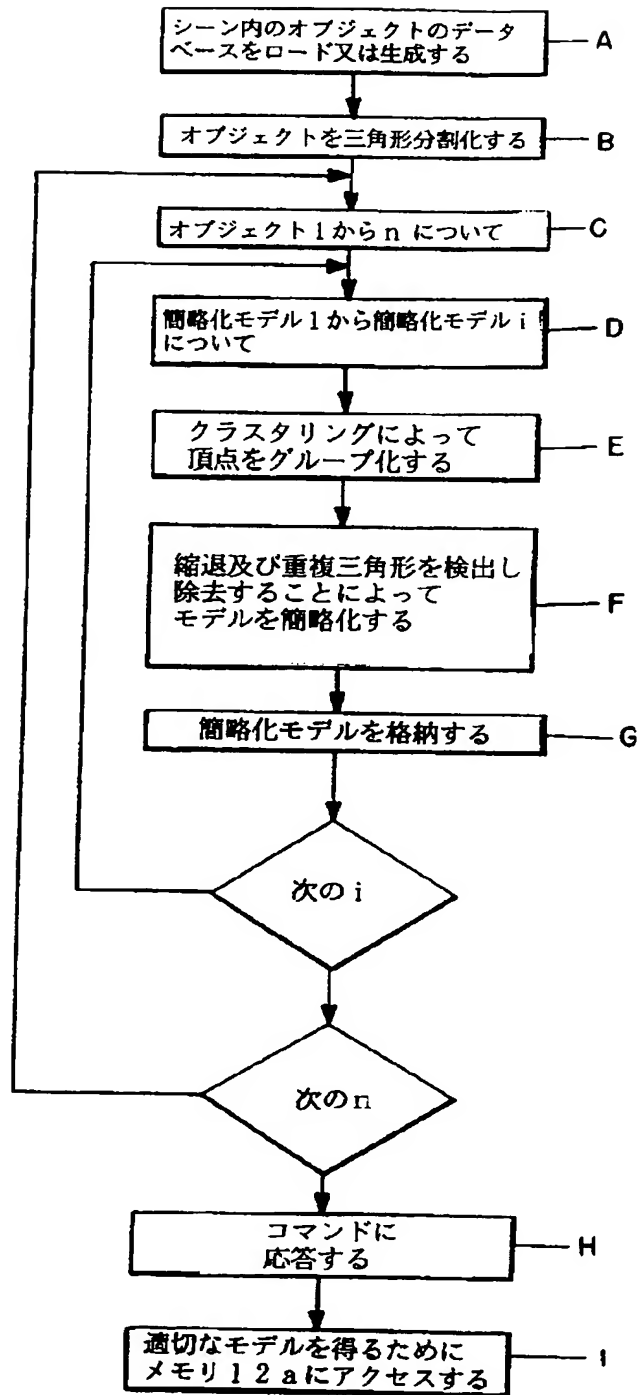
【図11】



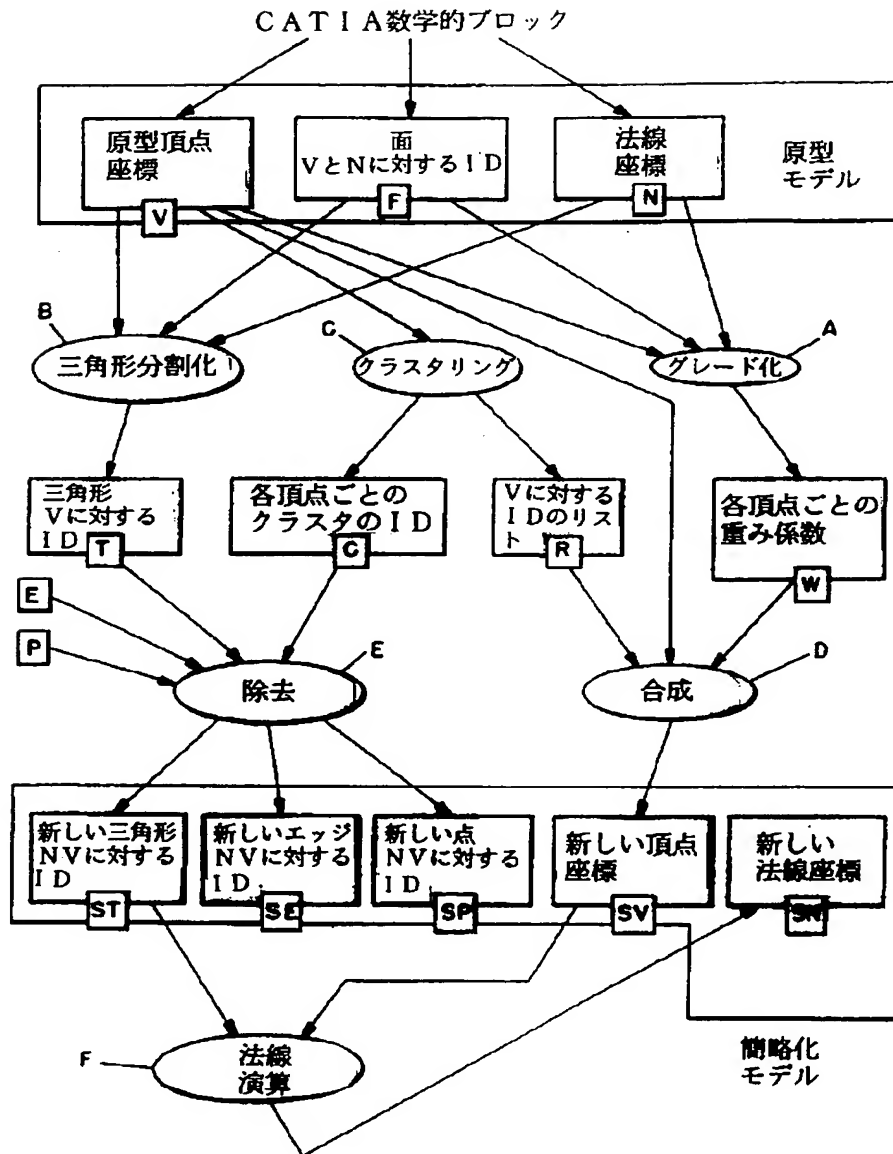
【図13】



【図12】



【図15】



フロントページの続き

(72) 発明者 ジャロスロー ロマン ロッシナク
 アメリカ合衆国10562、ニューヨーク州オ
 ッシニング、リンカーン プレイス 1956